

#### **English-language abstract of DE 43 33 875**

A semiconductor gas sensor, consisting of a field-effect transistor, the control and reference electrodes of which are lengthened and coupled to a capacitor arrangement which contains an air gap, is described. A gas-sensitive layer is arranged in the air gap. The transistor and the air gap are spatially separated from each other. It is possible to take gas measurements without gas diffusion through the gate electrode via the air gap and, by virtue of the separation of the air gap and the transistor, negative influences of the air gap on the drift behaviour and the lifetime of the sensor are eliminated. A monolithically integratable (monolithic integrated) and a hybrid design of the sensor are presented as exemplary embodiments.



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 33 875 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 N 27/414  
H 01 L 29/772

21 Aktenzeichen: P 43 33 875.5  
22 Anmeldetag: 5. 10. 93  
43 Offenlegungstag: 6. 4. 95

DE 43 33 875 A 1

71 Anmelder:

Gergitschew, Zenko, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE;  
Schlipanski, Dagmar, 98693 Ilmenau, DE; Kornetzky,  
Peter, 98693 Ilmenau, DE

72 Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Halbleiter-Gassensor auf der Basis eines Capacitive Controlled Field Effect Transistor (CCFET)

57 Beschrieben wird ein Halbleiter-Gassensor, bestehend aus einem Feldeffekttransistor, dessen Steuer- und Bezugselektrode verlängert und mit einer Kondensatoranordnung gekoppelt sind, die einen Luftspalt enthält. Eine gasempfindliche Schicht ist im Luftspalt angeordnet. Der Transistor und der Luftspalt sind räumlich voneinander getrennt. Über den Luftspalt sind Gasmessungen ohne Gasdiffusion durch die Gateelektrode möglich und durch die Trennung von Luftspalt und Transistor sind negative Einflüsse des Luftspaltes auf das Driftverhalten und die Lebensdauer des Sensors behoben. Es werden ein monolithisch integrierbarer und ein hybrider Aufbau des Sensors als Ausführungsbeispiele vorgestellt.

DE 43 33 875 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 95 508 014/311

4/28

Die Erfindung betrifft einen Gassensor auf Halbleiterbasis, der aus einem Feldeffekttransistor und einer mit ihm gekoppelten Luftkapazität besteht. Halbleiter-Gassensoren unter Ausnutzung des Feldeffektes sind bekannt aus mehreren Patentschriften und Veröffentlichungen. So wurde von Lundsdröm in Sensors and Actuators B (1981) S. 403-426 ein Pd-Gate-FET, der auf Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen reagiert, vorgestellt. Die Wirkungsweise dieses Sensors und vieler nachfolgender Modifikationen (z. B. Patentschrift JP 1213563 A) besteht darin, daß abgespaltene oder aus der Umgebung adsorbierte Wasserstoffatome an die Gate/Gateisolator-Zwischenfläche gelangen, dort polarisiert werden und zu einer Änderung der Schwellspannung des Transistors führen. Nachteilig wirkt sich dabei die Tatsache aus, daß, um an diese Zwischenfläche zu gelangen, die Wasserstoffatome durch das Pd-Gate diffundieren müssen. Das erhöht wesentlich die Ansprech- und Relaxationszeiten des Sensors und die angezeigte Gaskonzentration entspricht nur mittelbar der tatsächlichen. In den Patentschriften US 4411741, DE 38 34 189, DE 38 07 603 und im Prüfungsantrag Nr.: P 4239319.1-52 sind Gassensoren vorgestellt, die dieses Problem durch das Anbringen eines Luftspaltes unter der Gateelektrode im Gateisolatorsystem des Transistors lösen. So wird das Sensorsignal durch Adsorption an der Oberfläche gewonnen. Es können verschiedene Gase mit den entsprechenden sensitiven Schichten detektiert werden ohne die beschränkende Bedingung der Gaslöslichkeit in den Schichten. Die Anwesenheit des Luftspaltes im Gasesystem des FET führt aber zu mehreren negativen Erscheinungen, die das Driftverhalten des Sensors verschlechtern und seine Lebensdauer verkürzen:

— Durch den Luftspalt ist der FET direkt den Umgebungseinflüssen ausgesetzt.

— Das Weite : Länge-Verhältnis ( $W : L$ ) des FET ist von den lateralen Dimensionen des Luftspaltes abhängig und so durch die technologischen Möglichkeiten seiner Herstellung beschränkt.

— Die geringe Gatekapazität ( $C_{\text{eff}}(L_{\text{eff}} = 1)$ ) und das kleine  $W : L$ -Verhältnis bedingen ein kleines Stromvermögen des Transistors und so ein ungünstiges Signal-Drift-Verhältnis.

— Der Luftspalt und so alle adsorbierten Ladungen befinden sich in den elektrischen Feldern des Transistors und können umgruppiert werden, was auch zu einer Drift führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Halbleiter-Gassensor anzugeben, bei welchem die Anwesenheit eines Luftspaltes schnelle und genaue Messungen ermöglicht und gleichzeitig die oben aufgezählten negativen Einflüsse auf die Stabilität und die Lebensdauer des Sensors aufhebt.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß durch einen Halbleiter-Gassensor gelöst, bei dem der auswertende FET und der Luftspalt mit der gasempfindlichen Schicht räumlich von einander getrennt aber gleichzeitig elektrisch gekoppelt sind. Diese Kopplung wird realisiert durch die Verlängerung der Steuer- und der Bezugselektrode des Transistors (z. B. Gate und Source), so daß sie die zwei Elektroden eines Luftkondensators bilden. Die gasempfindliche Schicht bedeckt eine der beiden Elektroden. Mittels Guardtechnik werden die

Auswirkungen von parasitären Kapazitäten sowie von Kriechströmen minimiert. Die lateralen Dimensionen des Luftspaltes sind von den technologischen Möglichkeiten begrenzt. Zur Vergrößerung der Luftkapazität können bei einem erfindungsgemäßen Sensor mehrere parallel geschaltete Luftkondensatoren angeordnet werden, um eine bessere Kopplung zu erreichen.

Der Sensor kann mit Standardverfahren der Mikroelektronik hergestellt und zusammen mit anderen Sensoren und signalverarbeitenden Schaltungen integriert werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem monolithisch integrierbaren Sensor wird in der Fig. 1 dargestellt und im folgenden beschrieben.

Fig. 1 Aufbau eines monolithisch integrierbaren Halbleiter-Gassensors gemäß der Erfindung.

Der in der Fig. 1 dargestellte Sensor besteht aus einem Feldeffekttransistor, realisiert in einem Substrat 1 aus p-Silizium. Das Source 2 und das Drain 3 sind  $n^+$ -dotiert. Die Gateelektrode 4 und das Source 2 sind miteinander kapazitiv gekoppelt. Über dem Luftspalt 5 befindet sich eine gasempfindliche Schicht 6. Die Gateelektrode 4 und der Luftspalt sind vom Silizium durch eine Isolatorschicht 7 getrennt. Die Gateelektrode 4 ist umrahmt mit einem Guardring 8 und unter der Gateauflage befindet sich im Substrat ein  $n^+$ -Gebiet 9.

Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem hybriden Aufbau des Kondensatorteils wird in der Fig. 2 dargestellt.

Fig. 2 Aufbau eines hybriden Halbleiter-Gassensors gemäß der Erfindung.

Der in der Fig. 2 dargestellte Sensor besteht ebenso aus einem Feldeffekttransistor, realisiert in einem p-Si Substrat 10. 11 und 12 sind die  $n^+$ -dotierten Source- und Draingebiete. Die Poly-Si Gateelektrode 13 wird verlängert und bildet die untere Elektrode 14 des Kondensatorteils. Die floatende Gateelektrode wird von einem Guardring 15 umgeben. Die Wirkung der parasitären Kapazität der Gateelektrode gegenüber Substrat wird durch ein  $n^+$ -Gebiet 16 verringert, dessen Potential geeignet nachgeführt wird. Durch Ausnutzung der technologischen bedingten Höhenunterschiede z. B. in der Isolatorschicht 17 und Aufbrungen einer Deckelektrode 18 über der verlängerten Gateelektrode 14 entsteht der koppelnde Kondensator mit dem Luftspalt 19. Die gasempfindliche Schicht 20 kann an der unteren Seite der Deckelektrode 18 oder über der verlängerten Gateelektrode 14 angebracht werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Substrat aus p-Silizium
- 2  $n^+$ -Source
- 3  $n^+$ -Drain
- 4 Gateelektrode
- 5 Luftspalt
- 6 gasempfindliche Schicht
- 7 Isolator
- 8 Guardring
- 9  $n^+$ -Gebiet
- 10 Substrat aus p-Silizium
- 11  $n^+$ -Source
- 12  $n^+$ -Drain
- 13 Poly-Silizium Gateelektrode
- 14 verlängerte Gateelektrode
- 15 Guardring
- 16  $n^+$ -Wanne

17 Isolator  
 18 Deckelektrode  
 19 Luftspalt  
 20 gasempfindliche Schicht

# Patentansprüche

5

1. Halbleiter-Gassensor auf der Basis eines Capacitive Controlled Field Effect Transistor (CCFET), dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem Feldeffekttransistor und einem integrierten oder hybriden Kondensator mit Luftspalt besteht. 10
2. Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldeffekttransistor und der Luftspalt räumlich getrennt sind. 15
3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuer- und Bezugselektrode des Transistors mit dem Kondensator mit Luftspalt gekoppelt sind.
4. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftspalt durch eine oder mehrere gasempfindliche Schichten begrenzt wird. 20
5. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftkapazität aus mehreren parallel geschalteten Luftkondensatoren bestehen kann. 25
6. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gateelektrode durch einen Guardring mit geeignetem Potential vor Aufladung durch Kriechströme geschützt wird. 30
7. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Auflage der Gateelektrode für die Minimierung des Einflusses der parasitären Kapazitäten im Substrat Gebiete mit umgekehrter Dotierung erzeugt werden, die mit einem geeigneten Potential versehen werden. 35
8. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopplung zwischen der verlängerten Steuerelektrode und einer hybrid angebrachten Elektrode realisiert werden kann. 40
9. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß er vollständig oder teilweise mit einem Standardverfahren der Mikroelektronik herstellbar und zusammen mit anderen Sensoren und signalverarbeitenden Schaltungen integrierbar ist. 45

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

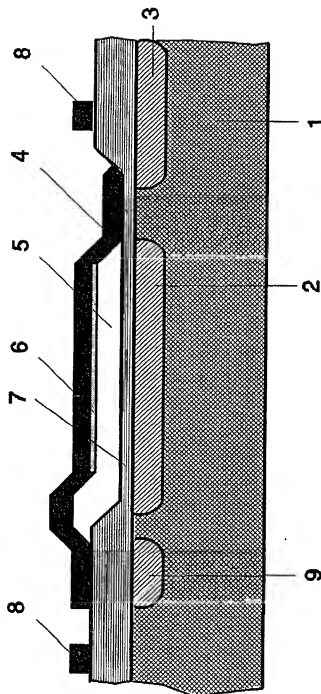


Fig. 1

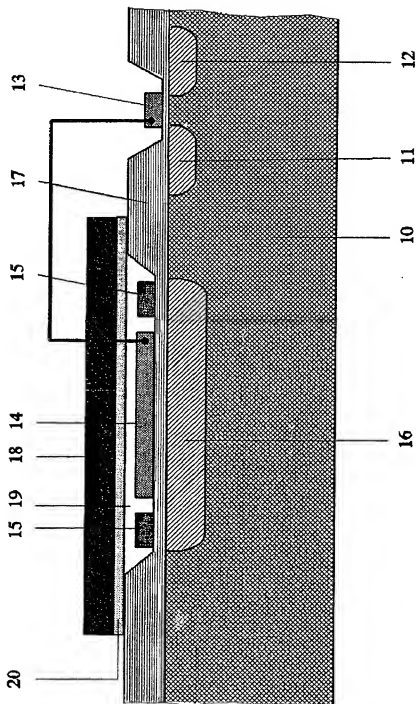


Fig. 2